Au sujet de Maple

L3 Projets *

9 février 2010

Table des matières

1 Pourquoi Maple ? **2**

2 Exemples **4**
2.1 Un problème de lieu géométrique 4
2.2 Visualisation de la convergence uniforme 4
2.3 Développement asymptotique d'une suite 4
2.4 Une suite récurrente troublante 5
2.5 La suite de Fibonacci 5
2.6 Exponentiation rapide 5
2.7 Equation de la chaleur 5

3 Corrigés **6**

4 Ouvrages sur Maple à la BU **11**

*Université de Bourgogne, L3 Mathématiques

1 Pourquoi Maple ?

Il n'est pas ici question de faire une introduction à Maple, ni passer en revue toutes les fonctionnalités de ce logiciel. Nous renvoyons le lecteur à la bibliographie qui se trouve à la fin de cette note. Le lecteur s'astreint à emprunter quelques ouvrages à la BU et à choisir ensuite les livres avec lesquels, il se sent le plus à l'aise. Pour faire un bon usage de Maple, une voie est de traiter des problèmes mathématiques qui se trouvent dans vos cours.

Maple est un logiciel de calcul formel, développé à Waterloo (pas en Belgique !). Ainsi :

```
> 1/2+1/3;# calcul formel
```

$$5/6$$

```
> 1./2+1./3; # calcul numérique
```

$$0.8333333333$$

Nous utiliserons Maple dans au moins deux directions :

1. pour nous simplifier le travail au niveau des calculs dans la résolution de problèmes
2. nous permettre d'avoir une idée du résultat que l'on pourrait trouver ou établir (démarche de recherche)

Soyons prudents cependant ! Maple a souvent besoin de notre aide ! On ne peut ignorer les difficultés du problème mathématique (ou autre) sur lequel on travaille. Maple vous apportera rarement la solution à votre problème en une simple exécution.

```
> ((1-sqrt(5))/2)**40;# un simple calcul
```

$$\left(1/2 - 1/2\sqrt{5}\right)^{40}$$

```
> expand(%); # notez l'utilité  du symbole %
```

$$\frac{228826127}{2} - \frac{102334155}{2}\sqrt{5}$$

```
> evalf(%); # donne une valeur numérique !!!
```

$$0.0$$

```
> evalf(%%%);  # donne un résultat sensé
```

$$0.000000004370130127$$

```
>
```

En fait on pourrait modifier dès le départ le nombre de chiffres significatifs, la valeur par défaut étant 10.

```
> Digits:=20; # la valeur par défaut est 10
```

$$20$$

```
> ((1-sqrt(5))/2)**40;
```

$$\left(1/2 - 1/2\sqrt{5}\right)^{40}$$

```
> expand(%);
```

$$\frac{228826127}{2} - \frac{102334155}{2}\sqrt{5}$$

```
> evalf(%);
```

$$0.00000000437$$

```
>
```

Si on veut faire un peu de mathématiques, Maple est un formidable outil pour manipuler les expressions :

```
> restart;Digits;tt:=((1-sqrt(5))/2)**40; # On travaille avec 10 chiffres significatifs
et on affecte la variable tt
```

$$10$$

$$\left(1/2 - 1/2\sqrt{5}\right)^{40}$$

```
> tt:=expand(%);
```

$$\frac{228826127}{2} - \frac{102334155}{2}\sqrt{5}$$

```
> ttc:=op(1,tt)-op(2,tt); # on construit la quantité conjuguée
```

$$\frac{228826127}{2} + \frac{102334155}{2}\sqrt{5}$$

```
> tt*ttc;
```

$$\left(\frac{228826127}{2} - \frac{102334155}{2}\sqrt{5}\right)\left(\frac{228826127}{2} + \frac{102334155}{2}\sqrt{5}\right)$$

```
> expand(%);
```

$$1$$

```
> evalf(tt);evalf(1/ttc); # donc ?
```

$$0.0$$

$$0.000000004370130339$$

```
> ?op
>
```

Donnons un autre exemple de résultat surprenant :

```
> restart;
> S:=solve(x**3+1,x); # résolution de l'équation
```

$$-1,\ 1/2 + 1/2\,i\sqrt{3},\ 1/2 - 1/2\,i\sqrt{3}$$

```
> whattype(%);# type séquence
```

$$exprseq$$

```
> map(u->u**3,[S]); # map agit sur les listes
```

$$\left[-1, \left(1/2 + 1/2\,i\sqrt{3}\right)^3, \left(1/2 - 1/2\,i\sqrt{3}\right)^3\right]$$

```
> evalc(%); # évaluation complexe
```

$$[-1, -1, -1]$$

```
> b:=S[2]; # deuxième élément de la liste
```

$$1/2 + 1/2\,i\sqrt{3}$$

```
> expand((x-b)*(x+b**2));
```

$$x^2 - x + 1$$

```
> restart;
> b:=solve(x**3-a,x)[2]:a:=-1:
> simplify(expand((x-b)*(x+b**2)));# que s'est-il passé ?
```

$$x^2 + 2\,x + 1$$

```
>
```

Il sera utile d'écrire des fonctions ou des procédures. On veut par exemple calculer $\sum_{i=1}^{n} i^p$ pour différentes valeurs des entiers n et p :

```
> somme:=proc(p,n) #calcul désiré
> local s,k :# des variables qui n'interviennent qu'à l'intérieur de la procédure
> s:=0:# on initialise la somme à 0
> for k from 1 to n do s:=s+k**p od: # une boucle
> s;# inutile
> end;
```

$$\mathbf{proc}(pn)\mathbf{local}\, s,\, k;\quad s := 0;\quad \mathbf{for}\, k\, \mathbf{to}\, n\, \mathbf{do}\qquad s := s + k\hat{}p\quad \mathbf{end\ do};;\quad s\mathbf{end\ proc};$$

```
> somme(2,10);# un essai
```

$$385$$

```
> Sum(i**2,i=1..10)=sum(i**2,i=1..10); # avec les commandes prédéfinies
```

$$\sum_{i=1}^{10} i^2 = 385$$

```
>
```

En fait, c'est la réflexion en amont, par exemple sur la nature du problème mathématique et des méthodes envisagées pour le résoudre, qui conduira à une ébauche d'algorithme, qui, normalement moyennant la connaissance de la syntaxe du langage, devrait s'écrire simplement. Comment aborder par exemple le problème suivant : déterminer l'indice de la plus grande valeur d'une suite finie (indice le plus petit en cas de plus grande valeur atteinte plusieurs fois). Une idée possible est de passer en revue les n termes de la suite : on commence à comparer u_2 et u_1. Si par exemple, $u_2 > u_1$, on compare alors u_3 avec u_2. On pourrait écrire :

$$\left[\begin{array}{l} m := u_1,\ j := 1 \\ \text{pour } i \text{ de } 2 \text{ à } n \text{ faire} \\ \text{si } u_i > m \text{ alors } m := u_i \text{ et } j := i \\ \text{écrire le dernier } j \end{array}\right.$$

2 Exemples

2.1 Un problème de lieu géométrique

Trouver les $z \in \mathbb{C}$ tels que $\dfrac{z^2}{2z+3i}$ soit imaginaire pur. On pourra mettre z et $\dfrac{z^2}{2z+3i}$ sous forme algébrique, puis utiliser la commande **implicitplot**.

2.2 Visualisation de la convergence uniforme

Etudier la convergence uniforme de la suite de fonction $f_n(x) = n^\alpha x \exp(-nx)$ sur $[0, +\infty]$, α étant un paramètre réel positif.

2.3 Développement asymptotique d'une suite

On considère la suite (x_n) définie par $(x_n)^n \exp(x_n) = 1$ $(x_n > 0)$. L'objectif est de trouver un développement asymptotique de x_n.

Que dit Maple quand on utilise la commande **solve** pour $n = 10$? Que signifie le symbole donné par Maple ? Trouver par différentes méthodes un développement asymptotique de x_n.

2.4 Une suite récurrente troublante ...

Certaines réccurrences peuvent être résolues par la commande **rsolve**. Utiliser cette commande sur les exemples suivants :

$$u_{n+1} = u_n + 4,$$

$$v_{n+2} = v_{n+1} + 2v_n,\ v_0 = 4,\ v_1 = -2.$$

On s'intéresse à la suite récurrente

$$s_{k+1} = \frac{9}{4}s_k - \frac{1}{2}s_{k-1},\ s_1 = \frac{1}{3},\ s_2 = \frac{1}{12}.$$

Examiner la d'un point de vue numérique en traçant la courbe de la fonction qui à k associe lg[2]($|s_k|$). Que s'est-il passé ? Pourquoi une telle courbe ?

Essayons de comprendre. Tout d'abord donner l'expression de s_k. Que devions-nous en fait obtenir comme courbe ?

2.5 La suite de Fibonacci

On considère la suite de Fibonacci définie par :

$$u_{n+2} = u_{n+1} + u_n\ \forall n \geq 0,\ u_0 = u_1 = 1.$$

Donner les valeurs des premiers termes de la suite. On pourra ensuite proposer une **procédure** Maple pour ce calcul (récursive ou no récursive). Ce sera l'occasion d'utiliser les options **remember** et **trace**.

2.6 Exponentiation rapide

On veut calculer α^n, n étant un entier naturel. On peut faire bien sûr $\alpha \times \cdots \times \alpha$, α apparaissant n fois. On peut aussi procéder de la façon suivante :

$$\alpha^n = \begin{cases} \alpha^{\frac{n}{2}} \times \alpha^{\frac{n}{2}} & \text{si } n \text{ est pair} \\ \alpha \times \alpha^{\frac{n-1}{2}} \times \alpha^{\frac{n-1}{2}} & \text{si } n \text{ est impair} \end{cases}.$$

En fait l'idée sous-jacente est d'avoir décomposé l'entier n en base 2.

2.7 Equation de la chaleur

On s'intéresse à l'équation de la chaleur suivante :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ u(0,t) = 0 = u(\pi,t)\ \forall t \geq 0,\ u(x,0) = 1\ \forall x \in]0,\pi[.$$

C'est une équation avec conditions aux bords (température maintenue à zéro) et condition initiale. On cherchera tout d'abord des solutions du type $u(x,t) = \Phi(x)T(t)$ (séparation des variables). On trouvera des "solutions" du type $A_n sin(nx)e^{-n^2 t}$ qui malheureusement ne vérifient pas la condition initiale. L'idée est alors de superposer ces fonctions, i.e en faire la somme. Déterminer alors les A_n et la solution ainsi obtenue.

3 Corrigés

exemple 1 : se donner des idées, conjecturer, traiter un cas particulier, ...

```
> restart:with(plots):
> e:=(x+I*y)**2/(2*(x+I*y)+3*I);
> implicitplot(Re(e),x=-2..2,y=-3..1,grid=[70,70]);# on veut Re(e)=0
```

Peut-on conjecturer quelque chose ? Les "zig-zag" sont-ils possibles en théorie ?

```
> evalc(Re(e));
> ee:=simplify(%);# % est très utile
> a:=numer(ee);b:=denom(ee);
> b-op(1,b);factor(%);# on vérifie que le dénominateur ne s'annule pas
> a=0;# l'équation
> evalb(op(3,a)=expand(x**2+(y+3/2)**2-9/4));# on vérifie la conjecture
```

exemple 2 : essayons de visualiser la convergence uniforme :

```
> fna:=(x,a,n)->n**a*x*exp(-n*x);#suites de fontions, paramètre a
> plot({seq(fna(x,2,k),k=1..10)},x=0..4);# paramètre=2
> plot({seq(fna(x,1,k),k=1..10)},x=0..4);# paramètre=1
> plot({seq(fna(x,0.5,k),k=1..10)},x=0..4);# paramètre=0.5
```

Conclusion ? ?

exemple 3 :

```
> solve(x*exp(x/10)=1,x);# résolution de l'équation x**10*exp(x)=1
```

Qu'est que la fonction LambertW ? (recherche avec l'aide Maple puis sur Internet)

```
> limit(n*LambertW(1/n),n=infinity);
```

Cherchons un développement asymptotique de x_n :

```
> series(x*LambertW(1/x),x=infinity);# ce qui est un peu facile et surtout n'appelle
pas à généralisation
```

On va procéder par substitution et identifiacation :

```
> restart:p:=4;u:=1+sum(a[k]/n**k,k=1..p);
> tt:=series(u-exp(-u/n),n=infinity);
> tt:=tt-op(6,tt);
> solve({op(i,tt)$i=1..4},{a[i]$i=1..4});
> subs(%,u);
```

exemple 4 : point de vue numérique

```
>
> Digits:=18:u:=1.0/3:v:=1.0/12:# on initialise
> L:=[[1,log[2](u)],[2,log[2](v)]]: # on débute une liste de points
> for k from 3 to 50 do
> w:=2.25*v-0.5*u:u:=v:v:=w:L:=[op(L),[k,log[2](abs(w))]]od:# on calcule les termes
successifs de la suite et on complète la liste
> plot(L);
```

Cherchons le terme exact de la suite :

```
> rsolve({g(1)=1/3,g(2)=1/12,g(n+1)=9/4*g(n)-1/2*g(n-1)},g);
```

Perturbons légèrement les conditions initiales :

```
> rsolve({g(1)=1/3*(1+2**(-56)),g(2)=1/3*(1/4+2**(-55)),g(n+1)=9/4*g(n)-1/2*g(n-1)},g);
```

Ceci explique cela ... remarque :

```
> ee:=rsolve({g(1)=1/3*(1+2**(-56)),g(2)=1/3*(1/4+2**(-55)),g(n+1)=9/4*g(n)-1/2*g(n-1)},g);
> s1:=simplify(log[2](op(1,ee)));
> s2:=simplify(log[2](op(2,ee)));
> fsolve(s1=s2,n);# !!!
```

Exemple 5 : suite de Fibonacci

Calculons les premiers termes :

```
> u:=1;v:=1;
> for k from 2 to 5 do
> w:=u+v:u:=v:v:=w:print(v);od:
```

Sous forme de procédure :

```
> fib:=proc(a,b,n)
> local u,v,w,k;
> u:=a:v:=b;
> for k from 2 to n do
> w:=u+v:u:=v:v:=w:od:
> print(‘le‘,n,‘iême terme vaut :‘,v);
> end;
> fib(1,1,5);
```

Sous forme récursive :

```
> fibo1:=proc(n)
> if n<=1 then 1
> else fibo1(n-1)+fibo1(n-2);
> fi;
> end;
> fibo2(26);time(fibo1(26));
```

On peut éviter certains appels récursifs en utilisant options remember :

```
> fibo2:=proc(n)
> options remember;
> if n<=1 then 1
> else fibo2(n-1)+fibo2(n-2);
> fi;
> end;
> fibo2(26);
> time(fibo2(26));
```

exemple 6 : procédures imbriquées

```
> lst:=[8,8,2,16]:# une liste
> map(x->x/8,lst);# application de la fonction à tous les termes de la liste
```

Allons-y ...

```
> e1:=proc(x)
> local v;
> v:=x[1];
> map(y->y/v,x);
> end:
> e1(lst);
```

```
> e2:=proc(x)
> local v;
> v:=x[1];
> map(proc(y) global v;y/v; end,x);
> end:
> e2(lst);
```

exemple 7 : exponentiation rapide

```
> with(linalg):
```

Cas scalaire :

```
> essai:=proc(x,n)
> local p,y;
>
> if n=0 then 1
> else
> p:=n mod 2;
> y:=x*x;
> if p=0 then essai(y,n/2)
> else x*essai(y,(n-1)/2)
> fi;
> fi;
> end:
> time(essai(153,9231)):
> essai2:=proc(x,n)
> local k,u:
> u:=1:
> for k from 1 to n do u:=x*u od;
> end;
> time(essai2(153,9231));
```

Cas matriciel :

```
> essai:=proc(x,n)
> local p,y;
> if n=0 then matrix(2,2,[1,0,0,1])
> else
> p:=n mod 2;
> y:=evalm(x^2);
> if p=0 then essai(y,n/2)
> else evalm(x&*essai(y,(n-1)/2))
> fi;
> fi;
> end:
> time(essai(matrix(2,2,[1,1,1,0]),15));
> u:=matrix(2,2,[1,1,1,0]);for k from 1 to 14 do u:=evalm(matrix(2,2,[1,1,1,0])&*u)
od;
>
>
```

Terminons par l'équation de la chaleur.

Ecrivons l'équation :

```
> equa:=diff(u(x,t),t)=diff(u(x,t),x$2);
```

$$equa := \frac{\partial}{\partial t} u(x,t) = \frac{\partial}{\partial `\$`_{(x,2)}} u(x,t)$$

Séparons les variables :

```
> u:=(x,t)->Phi(x)*T(t);
```

$$u := (x,t) \mapsto \Phi(x)\,T(t)$$

> equa;

$$\Phi(x)\,\frac{d}{dt}T(t) = \left(\frac{d}{d`\$`_{(x,2)}}\Phi(x)\right)T(t)$$

d'où :

> equa:=equa/(Phi(x)*T(t));

$$equa := \frac{\frac{d}{dt}T(t)}{T(t)} = \frac{\frac{d}{d`\$`_{(x,2)}}\Phi(x)}{\Phi(x)}$$

Les deux rapports ne peuvent être que égaux à une même constante dont on va déterminer par la suite le signe (ce quin est fondamental !) :

> equa1:=lhs(equa)=K;equa2:=rhs(equa)=K;

$$equa1 := \frac{\frac{d}{dt}T(t)}{T(t)} = K$$

$$equa2 := \frac{\frac{d}{d`\$`_{(x,2)}}\Phi(x)}{\Phi(x)} = K$$

On résout ;

> dsolve(equa2,Phi(x));

$$\Phi(x) = _C1\,e^{sqrt(K)x} + _C2\,e^{-sqrt(K)x}$$

> Phi:=unapply(subs(_C1=a,_C2=b,rhs(%)),x);

$$\Phi := x \mapsto ae^{\sqrt{K}x} + be^{-\sqrt{K}x}$$

> dsolve(equa1,T(t));

$$T(t) = _C1\,e^{Kt}$$

> T:=unapply(subs(_C1=c,rhs(%)),t);

$$T := t \mapsto ce^{Kt}$$

> u(x,t);

$$\left(ae^{sqrt(K)x} + be^{-sqrt(K)x}\right)ce^{Kt}$$

Danger : à priori K peut être négatif, donc racine de K est complexe !

Utilisons les conditions aux bords :

> Phi(0)=0;

$$a + b = 0$$

> b:=-a;

$$b := -a$$

> Phi(pi)=0;

$$ae^{sqrt(K)\pi} - ae^{-sqrt(K)\pi} = 0$$

> expr:=simplify(lhs(%)/a);

$$expr := e^{sqrt(K)\pi} - e^{-sqrt(K)\pi}$$

Si K>0, K=e**2 ;

> assume(e>0);expr1:=simplify(subs(K=e**2,expr));

$$expr1 := e^{e\pi} - e^{-e\pi}$$

> solve(expr1=0,e);

$$0$$

Il n'y a pas de solution e strictement positive!!! Ainsi K=-k**2 ;

```
> K:=-k**2;
```

$$K := -k^2$$

```
> simplify(expr,symbolic);
```

$$2\,i\sin(k\pi)$$

Ainsi k est entier .

```
> equa4:=diff(y(x),x$2)=-k**2*y(x);
```

$$equa4 := \frac{d}{d`\$`(x,2)}y(x) = -k^2 y(x)$$

```
> dsolve(%,y(x));
```

$$y(x) = _C1\,\cos(kx) + _C2\,\sin(kx)$$

```
> Phi:=unapply(subs(_C1=0,_C2=1,rhs(%)),x);
```

$$\Phi := x \mapsto \sin(kx)$$

```
> u(x,t);
```

$$\sin(kx)\,ce^{-k^2 t}$$

Au final, pour tout entier k non nul , on a la "solution" :

```
> u:=unapply(subs(c=A(k),u(x,t)),k,x,t);
```

$$u := (k,x,t) \mapsto \sin(kx)\,A(k)\,e^{-k^2 t}$$

On superpose ces fonctions (ceci n'est pas farfelu car l'équation est linéaire) :

```
> v:=(x,t)->sum(u(k,x,t),k=0..infinity);
```

$$v := (x,t) \mapsto \sum_{k=0}^{\infty} u(k,x,t)$$

On écrit la consdition initiale :

```
> v(x,0)=1;
```

$$\sum_{k=0}^{\infty} \sin(kx)\,A(k) = 1$$

Les A(k) sont les coefficients de Fourier de la fonction 2-pi périodique impaire qui vaut 1 sur (0,pi) :

```
> A:=unapply(2/pi*int(sin(k*x),x=0..Pi),k);
```

$$A := k \mapsto -2\,\frac{\cos(\pi k)-1}{\pi k}$$

```
> A(4);A(5);assume(p,integer);A(2*p+1);
```

$$0$$

$$4/5\,\pi^{-1}$$

$$4\,\frac{1}{\pi\,(2p+1)}$$

v :=(x,t)->sum(A(2*p+1)*sin((2*p+1)*x)*exp(-(2*p+1)2*t),p=0..infinity) ;**

$$v := (x,t) \mapsto \sum_{p=0}^{\infty} A(2p+1)\sin((2p+1)x)\,e^{-(2p+1)^2 t}$$

```
> sp:=(n,x,t)->sum(A(2*p+1)*sin((2*p+1)*x)*exp(-(2*p+1)**2*t),p=0..n);
```

$$sp := (n,x,t) \mapsto \sum_{p=0}^{n} A(2p+1)\sin((2p+1)x)\,e^{-(2p+1)^2 t}$$

```
> v(x,0);
```

$$\sum_{p=0}^{\infty} 4\,\frac{\sin((2p+1)x)}{\pi\,(2p+1)}$$

4 Ouvrages sur Maple à la BU

Les ouvrages ci-dessous sont disponibles à la biblithèque universitaire (recherche sur **http ://scd.u-bourgogne.fr/**.

Références

[1] Puech, Nicolas. Auteur Maple [Texte imprimé] : règles et fonctions essentielles / Nicolas Puech (2009)

[2] Nicaise, Florent. Auteur L'oral de mathématiques aux CCP et aux écoles militaires [Texte imprimé] : MP-PSI-PC : 300 exercices d'oraux avec indications et corrections détaillées, 65 exercices d'oraux aux écoles militaires, 11 planches MAPLE avec correction / Florent Nicaise,... Mathieu Fructus,... Pierre-Yves Jamet,... (2009)

[3] Balac, Stéphane. Auteur Analyse et algèbre : cours de mathématiques de deuxième année avec exercices corrigés et illustrations avec Maple / Stéphane Balac, Laurent Chupin (2008)

[4] Porcheron, Lionel. Auteur Maple [Texte imprimé] : cours et applications : 1re et 2e années toutes filières / Lionel Porcheron,... ; préfacé par Jean-Michel Ferrard,... (2006)

[5] Möller, Karl Dieter. Auteur Cours d'optique [Multimédia multisupport] : simulations et exercices résolus avec Maple®, Matlab®, Mathematica®, Mathcad® / Karl D. Möller et Claude Belorgeot (2006)

[6] Goergen, Alain Dynamique économique [Texte imprimé] : solutions de problèmes avec Maple et Matlab / Alain Goergen (2006)

[7] Porcheron, Lionel. Auteur Maple [Texte imprimé] : cours et applications : 1re et 2e années toutes filières / Lionel Porcheron,... ; préf. par Jean-Michel Ferrard,... (2004)

[8] Marcy, François. Auteur Introduction au savoir de l'ingénieur [Texte imprimé] : calcul vectoriel, cinématique, statique, cinétique, dynamique : cours et 200 exercices corrigés : compléments Maple : classes préparatoires scientifiques / François Marcy, ... (2002)

[9] Scheidt, Charles Maple en physique : 1e année PCSI, MPSI, PTSI : exercices corrigés / Charles Scheidt, Pascal Doré (2001)

[10] Kreyszig, Erwin. Auteur Maple computer guide [Texte imprimé] : a self-contained introduction for Erwin Kreyszig, Advanced engineering mathematics, eighth ed. / E. Kreyszig, E.J. Norminton (2001)

[11] Guénard, François. Auteur La méthode expérimentale en mathématiques [Texte imprimé] : exercices corrigés posés à l'oral des concours d'entrée aux grandes écoles d'ingénieurs : partie expérimentale réalisée en Mathematica, Maple et TI92-89 / François Guénard, Henri Lemberg (2001)

[12] Perrin-Riou, Bernadette. Auteur Algèbre, arithmétique et Maple / Bernadette Perrin-Riou (2000)

[13] Jeanneau, Xavier Exercices de mathématiques résolus à l'aide de Maple et Mathematica : prépas scientifiques / Xavier Jeanneau,... Daniel Lignon,... Jean-Louis Poss,... (1999)

[14] Porcheron, Lionel Maple : cours et applications : 1re et 2e années toutes filières / Lionel Porcheron,... ; préf. par Jean-Michel Ferrard,... (1999)

[15] Jussiaux, Jean-Michel Problèmes pour physiciens résolus avec Mathematica et Maple / Jean-Michel Jussiaux,... (1999)

[16] Heal, K. M. Découvrir Maple V / K. M. Heal, M. L. Hansen, K. M. Rickard ; avec la collab. de J. S. Devitt... ; [trad. par Nicolas Puech] (1999)

[17] Le Bris, Guy. Auteur Maple Sugar [texte imprimé] : une initiation progressive à Maple / Guy Le Bris (1999)

[18] Lescure, Nicolas Chimie avec Maple : 70 exercices et problèmes corrigés, rappels de cours : 1re année PCSI / Nicolas Lescure,... Bruno Mombelli,... (1999)

[19] Rotaru, Paul. Auteur Mathématiques avec Maple / Paul Rotaru (1999)

[20] Levine, Albert Introduction à Maple / Albert Lévine,... (1998)

[21] Lescure, Nicolas Électronique : avec Maple et Pspice : 66 exercices et problèmes corrigés, rappels de cours / Nicolas Lescure,... Bruno Mombelli,... (1998)

[22] Rambach, Philippe Maple V en classes prépas / Philippe Rambach,... (1998)

[23] Durand, Robert (1940-....) Problèmes de mathématiques résolus avec Maple et Mathematica / Robert Durand,... (1998)

[24] Ferrard, Jean-Michel Maths et Maple / Jean-Michel Ferrard,... (1998)

[25] Lescure, Nicolas. Auteur Électrocinétique : avec Maple et PSpice : [1re et 2e années MP, PC] : 68 exercices et problèmes corrigés, rappels de cours / Nicolas Lescure,... Bruno Mombelli,... (1998)

[26] Merceille, Jean-Bernard Exercices de Maple : calculs, traces, programmation : Sup et Spé... / Jean-Bernard Merceille,... Alain-F. Nizard,... Marc Peronnet,... (1997)

[27] Dumas, Philippe. mathématicien (19..-). Auteur Maple : son bon usage en mathématiques / Philippe Dumas, Xavier Gourdon (1997) absysNET Opac Université de Bourgogne http ://scd.u-bourgogne.fr/ABNOPAC/abnetclop.exe/O7056/ID13c9178... 2 sur 4 12/12/2009 12 :59

[28] Gander, Walter Solving problems in scientific computing using Maple and Matlab / Walter Gander, Jirí Hrebícek... (1997)

[29] Rybowicz, Marc Maple V, release 4 [Texte imprimé] : un système de calcul formel PC-Windows, UNIX, X-Window / Marc Rybowicz, Jean-Pierre Massias ; préface de George Labahn (1997)

[30] Leicknam, Jean-Claude 15 leçons de Maple / Jean-Claude Leicknam,... ; préf. de Geneviève Bidaud,... ; ouvrage publ. sous la dir. de Michel Quaggetto et François- Xavier Testard-Vaillant (1997)

[31] Donato, Paul Maple : 15 thèmes mathématiques / Paul Donato (1997)

[32] Cornil, Jack-Michel Maple V release 4 [Texte imprimé] : introduction raisonnée à l'usage de l'étudiant, de l'ingénieur et du chercheur / Jack Michel Cornil, Philippe Testud (1997)

[33] Programmer avec Maple V / M. B. Monagan, Keith O. Geddes, K. M. Heal, ...[et al.] (1997)

[34] Levine, Albert. Auteur Aide-mémoire Maple [Texte imprimé] / Albert Lévine,... (1997) 35 Rotaru, Paul Mathématiques avec Maple / Paul Rotaru (1997)

[35] Krob, Daniel Introduction au calcul symbolique et aux mathématiques expérimentales. Tome 1, Le système Maple / Daniel Krob et Stéphane Legros (1996)

[36] Heck, André (19..-). mathématicien Introduction to Maple / André Heck (1996)

[37] Levine, Albert Exercices pour Maple / Albert Levine,... (1995)

[38] Cornil, Jack-Michel. Auteur Maple [Texte imprimé] : introduction raisonnée à l'usage de l'étudiant, de l'ingénieur et du chercheur / Jack-Michel Cornil, Philippe Testud (1995)

[39] Gomez, Claude Calcul formel : mode d'emploi : exemples en Maple / Claude Gomez,... Bruno Salvy,... Paul Zimmermann,... (1995)

[40] Leroux, Alain (1949-....) Toutes les applications de Maple : en physique, en chimie en mathématiques / Alain Leroux,... Roland Pomès,... (1995)

[41] Douillet, Pierre (1951-....) Maths avec Maple. Tome 1, Présentation générale : utilisant les exercices 1990-1995 du concours général / Pierre Douillet,... (1995)

[42] Gander, Walter. Auteur Solving Problems in Scientific Computing using Maple and MATLAB [Texte imprimé] / Walter Gander , Jiri Hrebicek (1995)

[43] Levine, Albert Introduction à Maple / Albert Levine,... (1994) absysNET Opac Université de Bourgogne http ://scd.u-bourgogne.fr/ABNOPAC/abnetclop.exe/O7056/ID13c9178... 3 sur 4 12/12/2009 12 :59

[44] Fortin, Philippe Premiers pas en Maple : introduction à l'utilisation du calcul formel en mathématiques, physique et chimie : classes préparatoires scientifiques, premiers cycles universitaires / Philippe Fortin,... Roland Pomès,... (1994)

[45] REDFERN D The Maple handbook : Maple V release 3 (1994)

[46] BARBOUR D éd. The maple laugh forever (1981)

[47] Cook, Ramsay (1931-). Auteur The Maple leaf forever [texte imprimé] : essays on nationalism and politics in Canada / Ramsay Cook (1977)

[48] Lawrence, R.D. Maple Syrup (1972)